

AIDA-AHP 連成手法の提案と過疎地域における 基幹交通体系の再編計画策定・評価への適用

末 吉 仙 英* ・ 棚 橋 由 彦**
杉 山 和 一***

An Application of Proposed AIDA - AHP Coupling Model to Re-organized Planning of Public Traffic System in Depopulation Areas

by

Norihide SUEYOSHI*, Yoshihiko TANABASHI**
and Kazuichi SUGIYAMA***

AIDA (Analysis of Interconnected Decision Areas) means the former two modes of SCA (Strategic Choice Approach) which consists of the four modes, i.e.; Analysis, Constitution, Comparison and Choice modes. The later two modes of SCA cannot estimate priority rankings of all the alternative plans quantitatively. AHP (Analytic Hierarchy Process) can evaluate priority rankings among maximum 9 alternative plans quantitatively. Therefore, in order to estimate the priority rankings among a large amount of the alternative plans quantitatively, by according to adopt Inner Dependence Method as a modified AHP and Absolute Measurement Method, AIDA-AHP coupling model was proposed as one of reasonable planning procedures.

On the other hand, re-organized planning of public traffic system in depopulation areas is still very serious issues in Japan. Therefore, the proposed AIDA-AHP coupling model was applied to Shimabara peninsula, Nagasaki prefecture, Japan as a typical depopulation area in Kyushu island, Japan. One of the aims of this study is to verify the efficiency of the proposed model and another aim is a proposal of the re-organized optimal planning of the public traffic system in Shimabara peninsula, taking the results of the proposed model into account.

1. はじめに

過疎地域における公共交通機関は、モータリゼーションの進展、道路網の整備による自動車交通の増加により大きな影響を受け、利用者が学生・高齢者が大半という厳しい経営状況にある。このような状況の下、利用者を増加させていくために、様々な改善策を行う必要に迫られている。しかしながら、改善策の策定には利用者のニーズ、経営者サイドの事業費や事業の難

易度といった様々な問題が複雑に絡み合っている。このような複雑で不確実な計画の策定に際し、AIDA (Analysis of Interconnected Decision Areas) 手法の有効性が注目されており、社会科学的な分野を始めとする様々な分野に適用されている。

そこで本研究では、ケーススタディとして島原半島を対象地域とし、AIDA 手法により幹線公共交通機関の再編計画の策定を行った。さらに、最近意志決定手法として注目を集めている階層分析法 AHP (Analytic

平成9年10月28日受理

*建設省九地建・雲仙復興工事事務所 (Unzen Reconstruction Office, MOC)

**社会開発工学科 (Civil Engineering Department)

*** (株) ペック (Peck Corporation Co., Ltd.)



図. 1 研究のフロー

Hierarchy Process)を用いることにより、各代替案の比較・検討を実施した。その結果を基にして、島原鉄道や地元自治体に対して提言を行うと共に、本手法の適用性について検討した。その手順を図. 1 のフローチャートに示す。

2. 島原半島の公共交通機関の問題点

2.1 島原鉄道⁸⁾

島原鉄道は諫早～島原～加津佐という島原半島北～東海岸の地域を結ぶ全長78.5kmの民営鉄道である。

雲仙普賢岳の土石流災害により運休を強いられていたこの鉄道は、平成9年4月に念願の全線開通を迎えた。

島原鉄道の問題点としては運行本数が少ないことが第1に挙げられる。表. 1 を参照すれば、朝夕の通勤・通学時間及び正午付近の時間帯に毎時2本で利便性の向上への取り組みが伺える。毎時2本の中でも、正午付近の運行については間隔が約50分程となっている。当然のことながら、その他の時間帯はそれ以上の運行

表. 1 鉄道の運行本数

区 間		本 数		発車本数/時	
上	南島原～諫早	2本	19本	7, 10, 13, 16, 17, 20	2本
	加津佐～諫早	17本		上記以外	1本
下	南島原～加津佐	1本	20本	9, 12, 19, 20	2本
	本諫早～加津佐	12本		上記以外	1本
	諫早～加津佐	1本			
	諫早～南島原	6本			

(南島原駅発着時間)

間隔となっており最長73分となっている。平均運行間隔は約50分であり、運行間隔としては長いと考えられる。

その他の問題点として、路線線形が悪いこと、車両の老朽化などにより所要時間が長いこと、運賃が高いこと及び駅間距離が長いことなどが挙げられる。

2.2 路線バス

島原半島における路線バスは、島原鉄道バス（島鉄バス）、長崎県営バス（県営バス）、西肥バスの3社により運行されている。まず、島鉄バスは島原半島のほぼ全体に30路線を有しており、特に島原半島の東部に運行路線が多い。これに対して、県営バスは千々石・小浜・加津佐といった島鉄バスの路線の少い半島西部の支線バスを中心に（14路線）に運行している。また、西肥バスは長距離バスのみの運行である。このように島原半島の路線バスは島鉄バスが中心となり、それを補う形で県営バスが運行している。

そこで、島鉄バスに注目しその問題点を挙げる。まず問題点として挙げられるのが路線の系統である。島鉄バスの現在の路線は幹線（4路線）と支線（22路線）とに分かれている。しかし、半島東部を運行するほとんどの支線は島鉄バスターミナルを発着する直通型となっており、島鉄バスターミナル周辺では、幹線バスと支線バスが混在している。そのため、路線の系統が分かりにくく、効率の悪い運行状況となっている。また、支線バスについては非常に運行本数が少くなっており、1日2～3本という路線も珍しくない。

2.3 全体的な問題点

バスの運行が島鉄バス中心に行われていることから、島原半島の公共交通機関は島原鉄道と島鉄バスが担っているといっても過言ではない。この島原鉄道と島鉄バスの経営はともに島原鉄道（株）が行っている。しかし、島原鉄道と島鉄バスの連携はあまり芳しくなく、両者が協力して利便性を向上させようという姿勢が見受けられない。

図. 2～図. 4 は、平成6年度に島原鉄道利用者を対象として行ったアンケート調査（配布数1000部回収率52.1%）より、回答者の属性を示したものである。これより鉄道利用者の多くが高齢者・学生（図. 2, 3）といった自動車運転免許証を持たない人（図. 4）であるということがわかる。このことは、バス利用者についても同様であると考えられる。従って、免許を持っている人のほとんどが自動車を利用している状況が推察される。

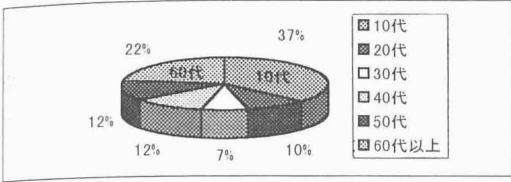


図. 2 年齢の比

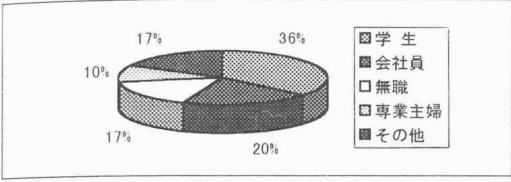


図. 3 職業の比率

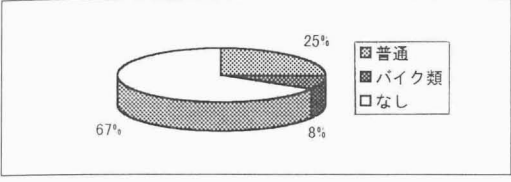


図. 4 免許の比率

表. 2 問題点

	問題点
全体的な問題点	相互の連携の悪い鉄道・バス
	利用者の多くが高齢者と学生
	マイカー利用の増加
	幹線道路の交通量の増加
鉄道	観光に対応していない公共交通
	運行本数の少なさ
	所要時間の長さ
	運賃の高さ
バス	駅間の長さ
	路線の悪さ
	ターミナルへの集中
	フィーダー輸送の少なさ
	定時性の悪さ

こうしたことが、自動車の保有台数の増加や自動車の増加に伴う交通量の増加に反映されていると考える。

その他の問題として、各観光地を結ぶ公共交通機関のネットワークが整備されていないことが挙げられる。

以上挙げた問題点をまとめると表. 2 のようになる。本研究では公共交通全般を取り扱うという観点から、機関別の問題点よりも全体的な問題点に目を向けた。さらに、その問題点の中で「鉄道・バス相互の連携」が最も重要であると考え、この点に焦点を絞った。

3. AIDA手法の適用

AIDA 手法^{1), 2), 6)}とは、戦略的選択アプローチ (SCA)において、分析モード・構成モードと呼ばれる問題の明確化と代替案の作成に用いられるプロセスである。すなわち、計画問題を択一的な意志決定を要する選択領域を表わすデシジョンエリア (問題となる分野)と、その領域内で選択できる選択肢であるオプションをそれらの背反関係によって構造化した後、それぞれのデシジョンエリアから1つずつ選択されたオプションの集合である実行可能な代替案を網羅的に列挙するものである。

本研究では、まず島原半島における幹線交通機関の再編計画を「鉄道・バスの連携および幹線バス路線の再編」に注目し、表. 3 に示すⅠ～Ⅵのデシジョンエリア (DA)とオプション (OP)を設定した。

これらのDA・OPの設定に際しては、次の5点を前提条件とした。

- ①現在ある6つのバス営業所を乗り継ぎターミナルとして、幹線の交通機関 (鉄道・幹線バス)と支線の交通機関 (支線バス)とに明確に分ける。
- ②鉄道と幹線バスが並行している区間は共通運賃制度

表. 3 デシジョンエリア・オプション

	デシジョンエリアの内容	オプション
Ⅰ	幹線バス路線をどうするか？	1 路線 1
		2 路線 2
		3 路線 3
		4 路線 4
Ⅱ	乗り継ぎターミナルをどこに増設するか？	1 愛野
		2 多良良
		3 両方
Ⅲ	運賃制度はどうか？	1 乗り継ぎ運賃制度
		2 共通運賃制度
Ⅳ	駅前広場を整備するか？	1 多良良駅を整備
		2 加津佐駅を整備
		3 両方を整備
Ⅴ	鉄道沿線の幹線の交通機関の運行間隔は？	1 20分間隔
		2 30分間隔
Ⅵ	鉄道路線外の幹線バス 1 路線の運行間隔は？	1 30分間隔
		2 60分間隔

表. 4 デシジョンエリアⅠのオプション

オプション	路線	特徴
路線 1	島原～口之津	鉄道利用
	島原～雲仙～小浜～愛野	
	口之津～加津佐～小浜～愛野	
路線 2	島原～多良良～愛野～諫早	諫早直通
	島原～口之津～小浜～愛野～諫早	
	島原～雲仙～小浜～諫早	
路線 3	島原～愛野～小浜～口之津～島原	島原半島循環
	島原～雲仙～小浜～愛野	
	愛野～諫早	
路線 4	島原～愛野～小浜～島原	北部・南部循環
	島原～口之津～小浜～島原	
	愛野～諫早	

表. 5 オプションマトリックス

	I				II				III				IV				V				VI			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
I	1	/	/	/				*																
	2	/	/	/				*																
	3	/	/	/				*																
	4	/	/	/				*																
II	1				1			/	/	/														
	2	*		*	*			/	/	/														
	3							/	/	/														
III	1		*	*	*				/	/														
	2								/	/														
IV	1									/	/													
	2									/	/													
	3									/	/													
V	1												/	/										
	2												/	/							*	/	/	/
VI	1																	*	/	/	/	/	/	/
	2																		/	/	/	/	/	/

表. 6 実行可能な代替案

DA I	DA II	DA III	DA IV	DA V	DA VI
[1]	— [1, 3]	— [1, 2]	— [1, 2, 3]	[1]	— [1, 2]
[2]	— [2, 3]	— [2]	— [1, 2, 3]	[2]	— [2]
[3]	— [1, 3]	— [2]	— [1, 2, 3]	[1]	— [1, 2]
[4]	— [1, 3]	— [2]	— [1, 2, 3]	[2]	— [2]

とする。

- ③鉄道と支線バス間は乗り継ぎ運賃制度とする。
- ④鉄道沿線の運行間隔は最低30分とする。
- ⑤鉄道と幹線バスが並行している区間は両者を組合せたダイヤにする。

なお、DA I のOPの内容は表. 4 に示す通りである。

次に、DA 間の相互関係を考慮し、両立し得ないものをオプションバー（*）として設定した。その結果を表. 5 のオプションマトリックスに示す。

さらに、オプションマトリックスによって示された両立しないOP間の関係を考慮しながら、各DAの中からOPを選択し、その集合として求めた実行可能な代替案を抽出した（表. 6）。ただし、[,] のOPはいずれも選択可能であることを示している。

以上により、6 項目のDAの全てのOPの組み合わせ288通りから、OPバーの引かれた組み合わせを除くことにより、実行可能な90通りの代替案を抽出することができた。

4. 階層分析法AHPの適用

4.1 AHPの概要^{3), 4)}

SCAを用いた意思決定問題では、AIDA手法で作成した代替案を比較モード・選択モードにより代替案の比較・選択を行うが、この比較・選択の両モードは

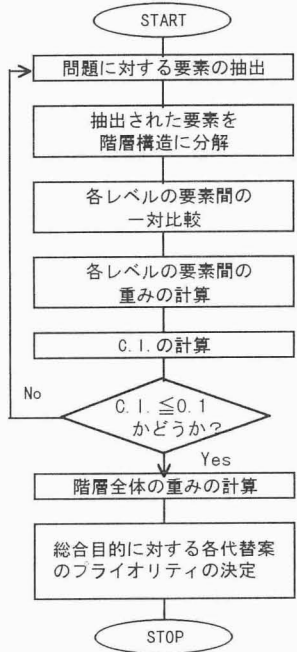


図. 5 AHPのフロー

領域の構造化に曖昧さを含んでいる。そこで本研究では、これらの代替案に対し、定量的な評価が可能であるAHPを用いることとした。

AHPを用いることにより、問題の要素を①最終目標、②評価基準、③代替案の3つの関係でとらえて、階層構造を作り上げることができる。すなわち、まず最終目標からみた評価基準の重要度を求め、次に各評価基準から見た代替案の重要度を評価し、最後にこれらを最終目標からみた代替案の評価に換算するものである。また、AHPではこの評価の過程で、これまでモデル化、定量化が難しかった問題も扱えることを特徴としている。

AHPのフローチャートを図. 5 に示す。この手法の中で行う「一対比較」は、表. 7 に示す重要性の尺度に従って実施する。重要性の尺度は、「同じくらい」、「やや」、「かなり」といった表現を用いているため、意志決定者の負担を軽くしている。しかし、その反面、一対比較において首尾一貫性のある答えを期待することは不可能である。そこで、このあいまいさの尺度としてコンシステンシー指数（C.I.）が定義されている。なお、C.I.はSaatyの定理により次式のように示されている。

$$C.I. = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

ここに、 λ_{\max} ：最大固有値、 n ：一対比較の要因数で

ある。
Saatyは、経験則より C.I.の値が0.1以下であれば合格であることを提案しており、本研究でもその提案を採用した。

表. 7 重要性の尺度

重要性の尺度	定 義
1	equal importance (同じくらい重要)
3	weak importance (やや重要)
5	strong importance (かなり重要)
7	very strong importance (非常に重要)
9	absolute importance (極めて重要)
(2, 4, 6, 8は中間のとき用いる)	

今回のケーススタディにおいては、AIDA 手法により策定した代替案を、住民側と経営側の2つの立場からAHPを用いて、別々に評価を行った。なお、一対比較は、住民および経営者（島原鉄道）への聞き取り調査を基に行った。

4.2 AHPの適用

AHPを適用するためには、まず問題を階層に構造化する必要がある。しかし、従来のAHPでは階層を構造化する際、同一階層の各要因に独立性のあるものを設定することが必要である。そこで、同一階層の各要因に関連性があるとき、その相互関係のマトリクスを用いて分析する手法である Inner Dependence 法を用いることにより、関連性のあるAIDA手法の6つのDAを要因として設定し、図. 6 および図. 7 に示す経営側および住民側の立場からの階層図を作成し

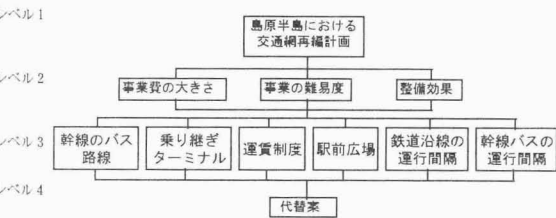


図. 6 経営側の階層図



図. 7 住民側の階層図



図. 8 各要因間の関係

た。なお、6つのDAは図. 6のレベル3および図. 7のレベル2に設定した。

上述した6つの要因（DA）の関係を図. 8に示す。なお、図中の矢印は、元から先に影響を与えているという意味である。本研究では、幹線のバス路線の再編を中心に代替案を策定したため、「幹線のバス路線」がOPバーの引かれる「乗り継ぎターミナル」、「運賃」に対して影響を与えているものとした。また、「鉄道沿線の運行間隔」と「幹線バスの運行間隔」については、互いに影響を及ぼしているものと判断した。

AHPで行う一対比較には、一対比較が可能な要因数が7個、多くても9個以下という制約がある。これは、要因数が多いと整合性が悪くなる（C.I. ≥ 0.1 となる）可能性が非常に高く、また、一対比較そのものを行うことが不可能となる場合もあるためである。しかし、今回実施した解析ではAIDA手法により策定した代替案が90通りと非常に多く、制約条件をはるかに越えている。そこで、Absolute Measurement法によるAHPを適用することにより、この90通りの代替案の評価を可能にした。この手法は、各要因に関する代替案の一対比較の代わりに各要因毎に評価基準を定め、その評価基準の一対比較を行うことにより、代替案を評価するものである。

4.3 分析結果

AHPによる分析結果を表. 8に示す。評価値については、経営側と住民側の一対比較の視点が逆であることから、住民側では値の大きい方が、経営側では値の小さい方が優れた代替案であることを意味する。表. 8における①案は、明らかに最も利便性の良い代替案

表 8 適用結果

	代替案						住民		経営者		
	DA I	DA II	DA III	DA IV	DA V	DA VI	順位	評価値	順位	評価値	
①	2	3	2	3	1	1	1	0.907	90	1.000	
②	2	3	2	3	2	2	1	0.907	86	0.879	
③	1	1	2	2	2	2	66	0.354	2	0.184	
④	1	1	1	2	2	2	78	0.309	1	0.174	
⑤	4	1	2	2	2	2	52	0.410	3	0.224	

であるが、その反面、最も整備に費用を要するものである。なお、この代替案に対する評価は、住民側では最も優れており、経営側では最も悪くなっている。

結果を総合すれば、住民側は乗り継ぎを嫌う傾向が明らかであり、諫早への直通路線である「路線2」や乗り継ぎ抵抗が少ない「共通運賃制」、「駅前広場の整備の充実」などの要因を重要視する代替案が上位に集まった。これに対して、経営側は費用のかかる代替案を徹底的に嫌った結果となり、住民側とは全く逆の評価となった。

以上の結果から、住民が利便性の良さを、経営者が事業費を優先することが明らかであり、両者の立場の違いが明確に表われた。

5. 適用結果にみる島原鉄道の体制と松浦鉄道の事例^{5).7)}

AHPの経営側の適用結果は、島原鉄道が費用を要する事業を嫌っていることが明確に表われたものとなった。実際、島原鉄道は運賃収入で営業経費を確保できないため、自己資金による設備投資に対して非常に慎重である。これに対し、松浦鉄道(MR)はサービス向上に積極的に投資し、現在好調な成績を挙げている。そこで、鉄道に注目し島原鉄道とMRとの比較・検討を行う。

島原鉄道とMRは基本的に地域密着型の鉄道であるが、島原鉄道は諫早～島原間の利用が比較的多く、都市間輸送型の要素を含んでいる。これに対し、MRは佐々～佐世保間の利用が最も多く、都市近郊型の要素を含んでいるという違いがある。MRは第3セクターとして営業を開始した1988年度に40%の運賃値上げを行ったにもかかわらず、その後の1990～1993年に輸送人員を大幅に増加させた。これは、この期間に行われた運行本数の増加と駅の新設が大きな要因であると考えられる。1990年には毎時2本体制を実施し、また駅を39から48に増設した。さらに、1992年には駅を48から53に増設し、1993年には佐々～佐世保間昼間毎時3本体制とした(表.9参照)。表より、輸送人員の推移に運行本数の増加および駅の新設による効果が明瞭に表われていることが明らかである。中でも運行本数を増加した2年の伸びが大きく、運行本数が公共交通機関の活性化にとって重要な要素だといえる。しかし、MRがこのような大幅なサービス改善を行えたのは、転換交付金があったからである。MRは転換交付金をフルに活用し、運行本数の増加を始めとする利便性の向上に積極的に努め、現在では非常に好調な成績を挙

表.9 MRの輸送人員

	輸送人員(定期96)	列車本数	駅数	備 考
国鉄時代(1986)	2,912,000(65)	52	32	
JR九州(1987)	2,810,000(66)	52	32	
松浦鉄道(1988)	2,896,000(65)	86	39	毎時1本を確保
(1989)	2,881,000(63)	81	39	
(1990)	3,292,000(59)	109	48	毎時2本化
(1991)	3,606,000(58)	110	53	
(1992)	3,989,000(58)	148	53	佐々～佐世保間昼間毎時3本化
(1993)	4,089,000(59)	150	53	
(1994)	4,184,000(60)	151	53	
(1995)	4,202,000(60)	152	54	

松浦鉄道提供資料より作成

げている。その背景には、第3セクターに移行した後、旧国鉄時代の体制を大幅に改善し、なにより第1に利用者の利便性の追求を考えるようになったことがあ

る。島原鉄道は、非常に運行本数が少く毎時1本という体制である。MRの例から運行本数の重要さは明らかであり、毎時2本体制の実現が望まれる。また、MRは駅の新設によっても輸送人員を増加させたが、島原鉄道は都市間輸送型の傾向があることから、駅の増設よりも、むしろ諫早～島原間に快速列車を導入するなどのスピードアップを図ることが望ましい。しかし、現在の島原鉄道は運行本数の増加を始めとする様々な改善策に対しても利用者数の増加の確信がないため、実行に踏み切れないという状況にある。しかし、公共交通機関の利用者を増加させ、活性化させていくためには積極的な施策の実施が必要である。そのためには、MRの転換交付金のような公的補助金が必要であり、国や地元自治体の協力が必要不可欠である。

6. 結 論

本研究では、AIDA手法を用い、島原半島の公共交通網再編計画の代替案の策定を行うことにより、288通りの組み合わせから90通りの実行可能な代替案を抽出することができた。さらに、階層分析法AHPを適用することにより、多数の代替案の比較・検討を行うことが可能となった。また、評価の結果は住民と経営者、それぞれの意向をうまく反映したものであった。よって、AIDA手法および階層分析法AHPが代替案の策定や、その分析・評価において有効であることが明らかとなった

<謝 辞>

本研究を進めるに当たり、多大なご助言、ご指導を頂いた宮川浩一氏(自由業・長崎市在住)に深甚の謝

意を表する。また快く資料を提供頂いた島原鉄道(株)、松浦鉄道(株)、長崎県庁、島原市役所、長崎陸運局の関係各位に対し厚くお礼申し上げる次第である。

<参 考 文 献>

- 1) 中川 大：戦略的選択アプローチの技法，戦略的選択アプローチ第25回土木計画学シンポジウムテキスト，pp. 27～38，1991.
- 2) Friend, J・Hickling・古池・中川訳：社会計画学のための戦略的選択アプローチ，技法堂出版，1991.
- 3) 木下栄蔵：マネジメントサイエンス入門，近代科学社，pp. 133～172，1996.
- 4) 木下栄蔵：多変量解析入門，近代科学社，pp. 168～188，1995.
- 5) 末吉仙英：島原鉄道及び平成筑豊鉄道の活性化方策に関する研究，1994年度長崎大学工学部社会開発工学科卒業論文（1995）
- 6) 竹林雅衛：新交通計画システム導入計画へのAIDAの適用，戦略的選択アプローチ，第25回土木計画学シンポジウムテキスト，pp. 65-76，1991.
- 7) 末吉仙英・杉山和一・甲斐理晋：過疎地域における鉄道の活性化方策，平成7年度鉄道連合シンポジウム（J-RAIL'95）講演論文集，pp. 429-432，1995.
- 8) 島原鉄道（株）：平成6年度事業報告書，1995.